

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-162096

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 7/20

(21)Application number : 07-316762

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 05.12.1995

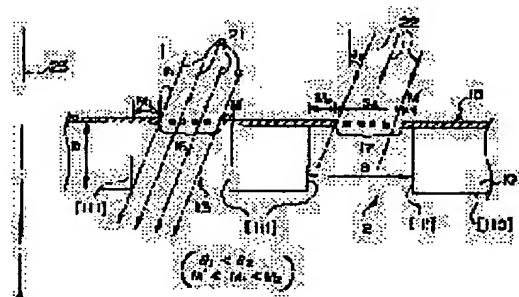
(72)Inventor : TAKAMATSU JUN  
KATO YOSHIMITSU  
KOIKE TORU  
SUGIHARA KAZUYOSHI

## (54) CHARGED BEAM ALIGNER AND APERTURE FOR SHAPING CHARGED BEAM

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a charged beam aligner in which character apertures or split masks are arranged as much as possible within a predetermined area by minimizing the interval of the aperture or the split mask.

**SOLUTION:** An aperture (mask) plate comprises aperture (mask) parts 16, 17 and a substrate 10 for supporting them wherein a silicon single crystal substrate having the major surface of orientation [110] is employed as the substrate 10. Openings 12, 13 are then made in the substrate 10 by anisotropic etching. The apertures 16, 17 are arranged to minimize the size of the opening depending on the incident angle of the charged beam thus maximizing the number of apertures to be arranged in a predetermined area or minimizing the area for arranging the apertures.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.10.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-162096

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup> | 識別記号  | 序内整理番号 | F I           | 技術表示箇所  |
|---------------------------|-------|--------|---------------|---------|
| H 0 1 L 21/027            |       |        | H 0 1 L 21/30 | 5 4 1 B |
| G 0 3 F 7/20              | 5 0 4 |        | G 0 3 F 7/20  | 5 0 4   |
|                           | 5 2 1 |        |               | 5 2 1   |

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-316762

(22) 出願日 平成7年(1995)12月5日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 高 松 潤

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会

社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 加 藤 善 光

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会

社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 小 池 徹

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会

社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

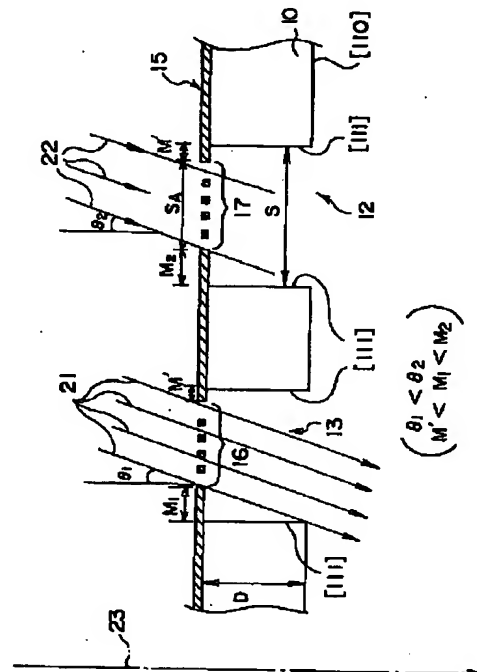
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電ビーム成形用アパーチャおよび荷電ビーム露光装置

(57) 【要約】

【課題】 荷電ビーム露光装置で用いられるキャラクタアパーチャまたは分割マスクにおいて、アパーチャ間または分割マスク間の間隔を最小にして、一定の面積にできるだけ多くのアパーチャまたはマスクを配置する。

【解決手段】 アパーチャ（マスク）プレートと、アパーチャ（マスク）部分とそれを支持する基板とで構成し、基板には主表面の面方位  $[110]$  のシリコン単結晶基板を用いる。異方性エッチングによって、基板に垂直な側壁を持った開孔を形成する。アパーチャへの入射ビームの入射角に応じて、基板の開孔の大きさが最小になるように決定し、一定の面積に配置し得るアパーチャ数が最大になるようにし、あるいはアパーチャが配置される面積が最小になるようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】荷電ビームを通過させるアパーチャ部が形成される薄膜と、該薄膜を支持する基板とを備え、荷電ビーム露光装置の光学系のビーム通路に設けられてパターン形状のビームを成形する荷電ビーム成形用アパーチャにおいて、

前記基板は、その主表面の結晶面方位が〔110〕である単結晶シリコン基板より構成されると共に、

前記アパーチャ部を構成する1または複数のアパーチャに対応して前記単結晶シリコン基板に形成される開孔部分が、平行する2つの〔111〕面の側壁によって形成され、かつ、これらの側壁が基板の主表面に対する垂直側壁であることを特徴とする荷電ビーム成形用アパーチャ。

【請求項2】前記アパーチャ部に対応して前記単結晶シリコン基板に設けられた前記開孔部分の前記垂直側壁と前記アパーチャ部の延長線との間の距離である開孔マージンが、前記アパーチャ部に入射するビームの入射角度に応じて決定され、少なくとも「ビーム入射角度の垂直からのずれ量」に「基板の厚さ」を乗じた所定値により規定される長さ以上の開孔マージンを持っていることを特徴とする請求項1に記載された荷電ビーム成形用アパーチャ。

【請求項3】前記開孔マージンのうち前記荷電ビーム露光装置の前記光学系の中心軸に近い第1の辺側の開孔マージンが、前記所定値により規定される関係から求められる長さより大きく設定され、また、前記第1の辺に対向すると共に前記中心軸より遠い方の第2の辺側の開孔マージンが、上記の第1の辺側の開孔マージンより小さく設定されていることを特徴とする請求項2に記載された荷電ビーム成形用アパーチャ。

【請求項4】前記開孔マージンのうち前記アパーチャ部より出射される荷電ビームが近づいていく側壁側の第3の辺側の開孔マージンが、前記所定値により規定される関係から求められる長さより大きく設定され、また、前記アパーチャ部より出射される荷電ビームが遠ざかる第4の辺側の開孔マージンが、前記所定値により基底される関係より求められる長さより小さく設定されていることを特徴とする請求項2に記載された荷電ビーム成形用アパーチャ。

【請求項5】光学系と、この光学系を透過する荷電ビーム通路に設けられてパターン形状にビームを成形する荷電ビーム成形用アパーチャと、備える荷電ビーム露光装置において、

前記荷電ビーム成形用アパーチャが、荷電ビームを通過させるアパーチャ部が形成される薄膜と、該薄膜を支持する基板とから成り、

前記基板は、その主表面の結晶面方位が〔110〕である単結晶シリコン基板より構成されると共に、前記アパーチャ部を構成する1または複数のアパーチャに対応し

て前記単結晶シリコン基板に形成される開孔部分が、平行する2つの〔111〕面の側壁によって形成され、かつ、これらの側壁が基板の主表面に対する垂直側壁を備えることを特徴とする荷電ビーム露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ビーム成形用アパーチャ基板へのパターン描画に用いられるビーム成形用アパーチャ及びこのアパーチャを用いる荷電ビーム露光装置に係り、さらに、前記ビーム成形用アパーチャを備える荷電ビーム装置により製造された半導体装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】キャラクタ・プロジェクション方式の荷電ビーム露光装置においては、露光させて形成しようとするパターンの中で繰り返し現れる基本的パターンを複数抽出し、これらをアパーチャ基板上に配置して、アパーチャ選択用偏向器によって所望のパターンをもつアパーチャを選択して、試料上に次々に転写していくという方法が用いられる。

【0003】また、荷電ビームパターン転写装置においては、転写すべきパターンを複数の領域に分割し、これらをマスク基板上に配置して、各領域を選択用偏向器、またはマスク移動によって選択してパターンの転写を行なうという方法が用いられている。

【0004】これらの装置で用いられるビーム成形用アパーチャあるいはパターン転写用分割マスクは、該アパーチャあるいは該マスクを形成する薄膜部分と、それを支持する基板部分とによって構成される。この構成において、パターン形状を定義するのは薄膜部分である。それを支持する基板には、通過する電子ビームを遮らない大きさの開孔部分（アパーチャ）を設ける。

【0005】このようなビーム成形用アパーチャ（以下、アパーチャと呼ぶ）、あるいはパターン転写用分割マスク（以下、マスクと呼ぶ）の基板には、従来、主表面の面方位が〔100〕のシリコン単結晶が用いられてきた。このシリコン単結晶基板に開孔を形成するには、普通、水酸化カリウム（KOH）水溶液等のアルカリ性溶液による異方性エッチングを用いる。このように、エッチングで異方性が生じる理由は、シリコン単結晶の面方位〔100〕面あるいは〔110〕面に対して、〔111〕面のエッチングレートが著しく遅いためである。シリコン単結晶では、〔100〕面に対する〔111〕面のなす角は、

## 【0006】

## 【数1】

$$\arctan(\sqrt{2}) = 54.74 \text{ deg.}$$

である。そこで、主表面の面方位が〔100〕である基板に矩型の開口パターンを設けてKOHエッチングを行なうと、主表面に対して54.74度のテーパ角をもつ

3

た4面の〔111〕面によって構成される四面体（ピラミッド）状の側壁を持った開孔部を形成することができる。このようなアパーチャの断面図を図8に示す。

【0007】こうした基板の開孔は、アパーチャの薄膜部分が設けられているのとは反対側の、基板の裏面から開けられるのが普通である。アパーチャあるいはマスクが、1つの基板上に複数設けられている場合には、各々のアパーチャあるいはマスクに対して、個別に開孔を設けるのがよい。それは、以下の理由による。すなわち、個別に開孔を設けることによって、隣合うアパーチャ間、あるいはマスク間に、「梁」に相当する部分が残るため、アパーチャあるいはマスクへのビーム照射による発熱を効率的に散逸させることで、熱的な変形を抑えることができる。また、薄膜がセルフサポートしている部分の面積が減るために、アパーチャあるいはマスクの機械的な強度が増加する。

【0008】このように個別に開孔する方式では、隣合うアパーチャ間、あるいはマスク間の間隔は、基板がある程度厚い場合には、基板に開孔を形成するため基板の裏面に設けられる開口パターンの大きさによって決められる。そして、この基板裏面の開口パターンの大きさは、基板の厚さに依存する。したがって、ある一定の面積に配置可能なアパーチャあるいはマスクの最大個数は、基板の厚さによって制限されることになる。以下にこれについて、図8を用いて説明する。

【0009】図8において、アパーチャ1は、面方位〔100〕の主面と厚さDとを有するシリコン基板2と、このシリコン基板2上に設けられるアパーチャ薄膜3と、を備えている。このアパーチャ薄膜3には、アパーチャ部4が所定の形状により形成されている。

【0010】主表面の面方位〔100〕のシリコン単結晶基板を用いた場合、開孔部分のテーパ形状の長さLTは、基板の厚さDに対して、

【0011】

$$\text{【数2】} \quad LT = D / \sqrt{2} \quad (1)$$

となる。このことから、隣合うアパーチャ同士の間隔LMは、

【0012】

$$\text{【数3】} \quad LM > \sqrt{2} D \quad (2)$$

としなければならない。また、この時、基板裏面開口の一辺の長さSは、アパーチャ領域の大きさをSA×SAとした場合、

【0013】

【数4】

$$\begin{aligned} S &= SA + 2LT \\ &= SA + \sqrt{2} D \end{aligned} \quad (3)$$

となる。例えば基板の厚さが625μmの場合には、隣合うアパーチャ同士の間隔LMは884μm以上に、また基板裏面の開口パターンの大きさSは、SA+884μm以上にしなければならない。この場合、例えば900μm□の領域に配置できる100μm□のアパーチャは、最大で2×2=4個にしかない。

10 【0014】基板の厚さが薄い場合には、上述の数1からわかるように、隣合うアパーチャ同士の間隔が小さくなる。したがって、薄い基板を用いた場合には、所定の面積に配置することができるアパーチャの数を、基板が厚い場合に比べて増やすことができる。例えば基板の厚さが100μmの場合、上の例と同じ条件では、4×4=16個のアパーチャを配置することができる。しかし、薄い基板で製作を行なうのは容易ではない。その理由は、製作に用いる装置が薄い基板には対応していない場合が多く、また薄い基板では強度が十分ではないため、製作途中あるいは完成後における取り扱いが難しいからである。

20 【0015】一方、アパーチャをどのように設けるべきかという配置の条件は、描画装置の電子光学系からも制限を受ける。しかし、この場合、隣合うアパーチャ間の間隔に対する制限は、上述の場合に比べて、通常厳しくない。例えばアパーチャ領域SAを100μm□とすると、これを照明するビームの大きさは120μm□程度あれば十分である。このような場合、隣合うアパーチャ同士の間隔を100μmとすれば、ビームが照射されているアパーチャに近接する他のアパーチャが、露光結果に影響を与えることはない。したがって、例えば上記900μm□の領域には、少なくとも縦横5×5の配列により25個のアパーチャを配置することができることになる。

30 【0016】上述のように、主表面の面方位〔100〕のシリコン単結晶を基板とするアパーチャを製作する場合において、基板の厚さによっては、一定の面積に配置可能なアパーチャ数が、描画装置の電子光学系によってではなく、基板裏面の開口パターンの大きさによって制限される場合がある。一定面積に対して、より多数のアパーチャを配置したいという要請に対しては、この制限は不利である。

40 【0017】このような問題を解消するために、基板として主表面の面方位〔110〕のシリコン単結晶を用いることにより、アパーチャプレートの特定の面積に配置できるアパーチャ数を、〔100〕基板の場合と異なり、基板の厚さに依存しないように構成する提案もなされている。このように主面方位〔110〕の単結晶シリコン基板を用いてアパーチャを形成した場合であって  
50 も、荷電ビームは所定の入射角度を有しているためビー

ム入射角に関する問題は解消していない。

【0018】しかし、このような主面方位 $[110]$ の単結晶シリコン基板を用いた場合であっても、荷電ビームの入射角に対して所定のマージンを設けなくてはならないという制約については何らの対策も講じられていなかった。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】この発明は上記問題を解決するためになされたものであり、アパーチャプレートを持する単結晶シリコン基板として主面方位 $[110]$ を有する単結晶シリコン基板を用いて基板に設ける開孔の側壁を主面に直交する側壁とすると共に、アパーチャの位置に応じて荷電ビームの入射角を考慮したマージンを予め確保することにより面積効率の良いアパーチャプレートを提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、この発明に係る荷電ビーム成形用アパーチャプレートは、荷電ビームを通過させるアパーチャ部が形成される薄膜と、該薄膜を支持する基板とを備え、荷電ビーム露光装置の光学系のビーム通路に設けられてパターン形状のビームを成形する荷電ビーム成形用アパーチャプレートにおいて、前記基板は、その主表面の結晶面方位が $[110]$ である単結晶シリコン基板より構成されると共に、前記アパーチャ部を構成する1または複数のアパーチャに対応して前記単結晶シリコン基板に形成される開孔部分が、前記主面方位に直交すると共に互いに平行する2つの $[111]$ 面の側壁によって形成され、かつ、これらの側壁が基板の主表面に対する垂直側壁であることを特徴としている。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係る荷電ビーム成形用アパーチャの好適な実施の形態について、図1ないし図7を用いて詳細に説明する。

【0022】この発明の好適な実施の形態について、図2及び図3に従い詳細に説明する。図2に示すように、この発明によれば単結晶シリコンの主面方位 $[110]$ と面方位が $[111]$ の側壁とが、垂直となっている。

【0023】図2において、アパーチャの基板10は、オリエンテーションフラット部（以下、オリフラと呼ぶ）11に沿うように設けられた複数列の開孔部12、13及び14が形成されている。この開孔部12（13及び14も同一構成である）は図2（a）の平面図に示されるように、オリフラ11に沿う側の2つの側壁が主面に垂直となり、他の2つの側壁は図2（a）及びこのA-A'線断面図である図2（b）に示されているように、基板10の図中の上面と下面とで異なる角度で傾斜する異形の形状となっている。なお、図2（c）は、図2（a）におけるB-B'線断面図である。この長手状の開孔部12、13及び14の全ての側壁は、図示の通

り $[111]$ の面方位を有している。

【0024】なお、図3は、図2（a）（b）（c）の平面図及び2方向の断面図に基づいて書き起こされた斜視図であり、同図においても単結晶シリコン基板10は、オリフラ11に双方向に長手状に形成された複数列の開孔部12、13及び14を備えている。

【0025】図2及び図3における単結晶シリコン基板10について、更に詳細に説明を加える。シリコン単結晶には、 $[110]$ 面と垂直に交わる $[111]$ 面がある。そのため、主表面 $[110]$ の基板に対して、KOH水溶液等のアルカリ性溶液による異方性エッチングを行なうと、主表面に対して垂直な $[111]$ 面の側壁をもつ開孔部を形成することができる。この場合、例えば、幅 $100\mu\text{m}$ 、長さ $900\mu\text{m}$ の帯状の開孔を、間隔 $100\mu\text{m}$ で5本並べて設けることができる。そうすると、上述の $900\mu\text{m}$ の領域に、 $5\times 5$ 配列で25個のアパーチャを配置することが可能になる。すなわち、上述の $100\mu\text{m}$ 厚の $[100]$ 基板を用いた場合よりも、配置できるアパーチャ数は多くなる。この場合、一つの帯状開孔に対して、複数個のアパーチャを配置することになり、薄膜のセルフサポート部分の面積が増える。しかし、帯状開孔の幅を小さくすることによって、薄膜の機械的強度の低下を抑えることができる。

【0026】以上のように、 $[110]$ 基板を用いれば、 $[100]$ 基板を用いた場合と比較して一定面積に配置できるアパーチャ数を容易に増加させることができる。

【0027】ところで、描画装置の電子光学系によっては、アパーチャあるいはマスクに入射するビームの入射角は、垂直とは限らない。このため、 $[110]$ 基板を用いたアパーチャの場合、 $[100]$ 基板では生じなかった問題が生じる。すなわち、 $[100]$ 基板の場合には、開孔部が傾斜角度 $54.74$ 度のテーパ形状になっているために、ビームが垂直から多少ずれて入射した場合でも、アパーチャを通過して成形されたビームが、基板開孔部の側壁によって遮られることはない。一方、 $[110]$ 基板を用いた場合、アパーチャに入射するビームが、アパーチャに対して垂直からずれている場合、アパーチャを通過して成形されたビームがアパーチャ基板の開孔部の垂直な側壁で遮られてしまうことがある。

【0028】アパーチャを通過して成形されたビームが、基板開孔部の側壁に遮られないようにするためには、図1のようにアパーチャ領域と基板裏面開孔部の垂直側壁との間に、適当な長さの「開口マージン」Mを設ければ良い。このような開口マージンは、従来、一律に同じ長さで設けられることが普通であった。

【0029】しかし、この開口マージンMが長くなると、隣合うアパーチャ同士の間隔が大きくなり、アパーチャを配置する領域の面積が増加する。アパーチャ配置領域の面積が大きくなると、アパーチャ選択偏向器の偏

10

20

30

40

50

向領域を大きくしなければならない。これは偏向歪が大きくなる点から好ましくない。また、アパーチャを形成している薄膜の、セルフサポートの部分の面積が大きくなるため、アパーチャの機械的強度が弱くなること、また熱の伝導がわるくなり、効率的に熱を散逸させることができないこと等の点からも好ましくない。

【0030】ところで、アパーチャ領域あるいはマスク領域に入射するビームは、図4に示すような電子光学系においては、該領域が電子光学系の中心軸から離れている場合、該中心軸に向かう方向に斜めに入射する。この場合、該領域が光学系中心軸から離れるにしたがって、入射ビームが該領域に入射するときの角度の垂直からのずれが大きくなる。そのため、ビームが該領域を通過後、基板開孔部の側壁に遮られないようにするためには、上記マージンMを大きくしなければならない。一方、アパーチャあるいは分割マスク領域が電子光学系の中心軸に近い場所にある場合には、このマージンMは相対的に小さくてもよい。

【0031】以上のように、アパーチャに入射するビームの入射角に応じて、マージンを設定することによって、アパーチャ位置に応じた必要最小限のマージン長を設定することができる。この最小マージン長MMINは、次の関係式、

$$MMIN = D \cdot \theta \quad (4)$$

によって決定できる。ここでは、 $\theta$ はアパーチャへのビームの入射角の垂直方向からのずれであり、またDはアパーチャ基板の厚さである。実際には、アパーチャの傾き等に対応するオフセットmを考慮して、マージンをMMIN + mとする必要がある。普通、 $m \sim 5 \mu m$ とすることができる。

【0032】このようにビームの入射角度のずれ $\theta$ 及び基板の厚さDと、開口マージンMとの関係式を用いることによって、各々のアパーチャについて必要最小限度の開口マージンMを設定できる。

【0033】これを具体的に、図1を用いて説明する。この図では、電子光学系の中心軸からの距離が異なる2つの開孔部12及び13と、この開孔部12及び13に対応して薄膜15に形成された2つのアパーチャ16及び17を示している。図1において、2つのアパーチャ16及び17に入射するビーム21及び22の入射角の大きさの関係は、 $\theta_1 < \theta_2$ となる。この時、最小の開孔マージンは式(4)から計算でき、 $M_1 < M_2$ となる。

【0034】一方、図1からわかるように、開孔部の側壁のうち、電子光学系中心軸20から遠い方の側壁に対しては、ビームはこの側壁から離れる方向に進むために、ビームが側壁によって遮られることがない。そのため、この場合には、上で述べた条件式を適用する必要はなく、より小さな開口マージンM'で十分である。実際には、M'は、上述のオフセットmと同じにすればよ

い。

【0035】帯状開口の幅Sは、図1のように、  
 $S = SA + M + M'$  (5)

となる。ここで、SAはアパーチャ領域の幅、M、M'は開口マージンである。開口マージンM、M'を最適化することによって、開口の幅Sを小さくできる。そのため、複数の帯状開口を必要最小限の面積に配置することができ、したがって、最小面積にアパーチャ群を収めることができる。

10 【0036】キャラクタプロジェクション方式を採用している電子ビーム露光装置の概念図を図5に示す。また、その電子光学系を図4に示す。この光学系では、成形アパーチャから4.5mm上流に投影レンズを配置し、70mm下流に制限アパーチャを配置している。以下、図4及び図5に示されている電子ビーム露光装置について概略説明する。

【0037】図4において、電子ビーム露光装置の電子光学系20は、電子銃24と、照明系25と、ブランキング板26と、第1の成形アパーチャ27と、投影レンズ29よりなるビーム成形・ビーム選択偏向器28と、第2の成形アパーチャ30と、制限アパーチャ31と、縮小レンズ32と、対物レンズ34を含む位置決め偏向器33と、を備えている。符号35は、ビーム21によりパターンが形成される試料面である。

【0038】図5に従い電子ビーム露光装置の電子光学系20の詳細な概念について説明する。図4と同一符号を付したものは図4に示される構成要件と同一又は相当する構成要件を示している。図5において、電子光学系20は、照明レンズ25と、ブランキング電極26と、第1の成形アパーチャ27と、投影レンズ29と、第2の成形アパーチャ30と、第1の成形アパーチャ27・投影レンズ29・第2の成形アパーチャ30を備える成形偏向系28と、第2の成形アパーチャ30を構成するキャラクタアパーチャ36と、インレンズ・オクタポール対物偏向器37と、対物レンズ34と、対物偏向器37及び対物レンズ34を備える対物偏向系38と、を含んで構成されている。なお、符号39はパターンが形成される試料面を有するウェハであり、このウェハ39上に描画パターン40が描かれることになる。

40 【0039】図6は、この発明に係る主面方位[110]の単結晶シリコン基板を用いるアパーチャプレートの一例を示している。図4及び図5に示された電子光学系20においては第2の成形アパーチャ30に用いられ、図1ないし図3に対応させて同一構成要素には同一符号を付して説明すると、単結晶シリコン基板10には、金(Au)により形成された薄膜15が積層されており、この薄膜の下側には、長手状の前記開孔部12ないし14が形成されている。それぞれの開孔部12、13及び14には、形成しようとするパターンに応じた種々の形状を有するパターン16、17及び18が形成

されている。

【0040】成形アパーチャを設ける基板を、主表面の面方位が〔110〕で厚さが $625\mu\text{m}$ のSi単結晶基板とする。各成形アパーチャの大きさを $100\mu\text{m}$ とし、それらを図6のように帯状に配列する。基板の開孔を、この帯状の領域のそれぞれに対して個別に設ける。隣合う帯状開孔同士の間にある「梁」に相当する部分によって、アパーチャ基板の機械的強度を保持するようにする。この梁の部分の幅を $50\mu\text{m}$ とする。

【0041】いま、上述のような帯状の成形アパーチャ領域を30本、平行に配置するとする。

【0042】従来は、光学系の中心軸から最も遠くに配置される帯状領域の開孔マージンM<sub>MAX</sub>を、一律にすべての帯状領域に適用していた。この開孔マージンM<sub>MAX</sub>は、式(4)を用いて算出できる。式(4)中のビームの入射角 $\theta$ は、

$$\theta = (\text{光学系の中心軸から帯状領域までの距離}) / (\text{成形アパーチャ基板から制限アパーチャまでの距離})$$

により近似できる。上述の光学系の条件、及び成形アパーチャの仕様値を考慮すると、M<sub>MAX</sub>は、約 $26\mu\text{m}$ となる。開孔マージンMを、すべての帯状領域について一律に、片側 $26\mu\text{m}$ とすると、30本の帯状領域は、幅 $6076\mu\text{m}$ の中に納まる。

【0043】これに対して、式(4)を用いて、各帯状領域毎に、この開孔マージンが最小になるように設定するとする。ただし、開孔マージンは $5\mu\text{m}$ を下回らないことにする。また、光学系の中心軸から遠い側の開孔マージンは、一律に $5\mu\text{m}$ とする。そうすると、30本の帯状領域を、幅 $4936\mu\text{m}$ に納めることができる。

【0044】以上の例においては、本発明による開孔マージンの設定方法によって、アパーチャが配置されている帯状領域の幅を $1\text{mm}$ 以上(約20%)も小さくすることができた。このように、開孔マージンの設定に関する、本発明の方法によって、光学系の中心軸から遠い帯状領域を選択する場合のビームの偏向量を小さくでき、選択偏向器の偏向歪を低減するのに有効であることがわかる。

【0045】また、これと逆に、選択偏向器の偏向幅が予め決められている場合には、この新しい設定方法を用いることによって、配置できる帯状領域の数を多くできる。例えば、上述の例における条件を仮定すれば、新しい設定方法によって、上述のように約 $5\text{mm}$ の幅の中に30本の帯状領域を配置できるのに対し、従来の設定方法では25本しか配置できない。

【0046】このようなアパーチャは、以下のように製作する。アパーチャ製作方法の説明図を図7に示す。まず、主表面の面方位〔110〕のシリコン単結晶の基板50において、基板の主表面と垂直に交わり、かつ互いに

【0047】

【数5】

$$\arctan(2\sqrt{2})$$

で交わる2種類の〔111〕結晶面のうちの、一方の面が主表面と交わる交線に対して平行に第1のオリエンテーションフラット(以下、オリフラと呼ぶ)を形成し、他方の面が主表面と交わる交線に対して平行となるように第2のオリフラを形成する。

【0048】この基板の両面に、シリコン窒化膜51及び52をLPCVDで $150\text{nm}$ 成膜する。次に、基板主表面にチタン(Ti)を $100\text{nm}$ 、引き続いてパラジウム(Pd)を $50\text{nm}$ 、スパッタリングによって連続的に成膜してチタン層53及びパラジウム層54を形成する。

【0049】次に、レジストPMMA55及び56を厚さ $5\mu\text{m}$ で塗布する。次に、電子線描画装置によって、アパーチャのパターンを描画する。アパーチャ群は、第1のオリフラに対して、平行に配置する。次に、例えば酢酸イソペンチル等の現像液によって現像を行なう。次に、現像によって露出したパラジウム層54の表面に残ったレジスト残膜を除去するために、RIE処理を行なう。これは、メッキ下地として用いているパラジウム層54と、メッキ金層15との密着性を向上させるために行なう。次に、電解メッキ法を用いて、金(Au)を厚さ $4\mu\text{m}$ 成膜する。

【0050】次に、基板裏面に光りレジストを塗布し、両面露光装置によって、主表面上に設けられた位置合わせ用マークを用いてアパーチャ群と正確に位置合わせを行なって、開口パターンを露光する。現像後、RIEによって、シリコン窒化膜をパターニングする。RIEの条件は、例えば $\text{CHF}_3:\text{O}_2=40:20[\text{sccm}]$ 、圧力 $8\text{Pa}$ 、パワー $300\text{W}$ で、2分間である。

【0051】その後、濃度20w%、液温 $90^\circ\text{C}$ のKOH水溶液によってシリコン基板50をエッチングする。この際、アパーチャパターンのある側には、KOH水溶液が回り込まないような治具を用いる。主面側に設けられているシリコン窒化膜51がエッチングのストップ層になる。

【0052】次に、このシリコン窒化膜51をCDEによって除去する。CDEの条件は、例えば $\text{CF}_4:\text{O}_2=100:100[\text{sccm}]$ 、RFパワー $300\text{W}$ として、2分間である。次に、アパーチャ部分を貫通させるために、フッ酸を用いてチタン層を除去し、さらに塩酸:硝酸:酢酸=3:30:200の混合液を用いてパラジウム層54を除去する。つぎに、CDEによって、PMMA55及び56を除去する。CDEの条件は、例えば $\text{CF}_4:\text{O}_2=100:5[\text{sccm}]$ 、RFパワー $300\text{W}$ として、10分間である。

【0053】次に、硫酸・過酸化水素水混合液を用いて基板の洗浄を行なう。次に真空蒸着装置を用いて、基板両面に金をそれぞれ $50\text{nm}$ 成膜して金層15を形成す



る。次に、ダイシングを行ない、ホルダーに装着して完成である。

【0054】なお、アパーチャ基板は、必ずしもシリコン(Si)である必要はなく、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、あるいはベリリウム(Be)等の金属、あるいは炭素(C)等の場合にも、垂直な側壁をもった基板の開孔が設けられている場合、この新しい設定方法を適用できる。

【0055】

【発明の効果】アパーチャの基板に面方位[110]のシリコン単結晶の基板を用いると、基板主表面に対して垂直な側壁をもつ開孔を形成することができるため、シリコン[100]基板を用いた場合と比較して、一定面積に、より多くのアパーチャ群を配置することが容易に可能になる。この場合、アパーチャ薄膜部に「開口マージン」をもたせることによって、ビームの入射角が垂直ではない場合でも、ビームが基板開孔の垂直な側壁に遮られないようにすることができる。その開口マージンの大きさを、ビームの入射角に応じて変えることによって、必要最小限度の長さの開口マージンを設定することができる。また、開孔部分を形成する側壁の中で、アパーチャから出射するビームが遠ざかる方の側壁については、ビームの入射角とは関係なく、必要最小限の長さの開口マージンを設定すれば良い。

【0056】以上のように開口マージンの設定条件を決めることによって、一律に同じ長さのマージンを設定する場合に比べて、基板開孔の幅が最小になるように最適化にすることができ、したがって配置されるアパーチャ数の密度を向上させることができる。

【0057】これによって、例えば配置すべきアパーチャ数が予め決まっている場合には、より小さな面積にアパーチャを配置できるため、アパーチャを選択する際の偏向歪を小さくすることができる。逆に、アパーチャを配置する領域の面積が予め決まっている場合には、より多くのアパーチャを配置することが出来る。

【0058】開口マージンの設定条件を、本発明のよう

にビームの入射角に応じて決めることによって、一律に同じ長さのマージンを設定する場合に比べて、アパーチャ数の密度を向上させることができる。

【0059】これによって、例えば配置すべきアパーチャ数が予め決まっている場合には、より小さな面積にアパーチャを配置できるため、アパーチャを選択する際の偏向歪を小さくすることができ、電子ビーム露光装置における描画精度を向上させることができる。

【0060】逆に、アパーチャを配置する領域の面積が予め決まっている場合には、より多くのアパーチャを配置することが出来る。これによって、露光において、より多くの種類のアパーチャを用いることができ、露光の速度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るアパーチャの開口マージンを説明するための断面図である。

【図2】本発明に係る主面方位[110]の単結晶シリコン基板を用いたアパーチャの基板の平面図、横断面図及び縦断面図である。

【図3】図1に示される基板の斜視図である。

【図4】電子線描画装置の電子光学系の概略を示す説明図である。

【図5】キャラクタプロダクション方式を採用した電子ビーム露光装置の概念を示す斜視図である。

【図6】本発明に係る主面方位[110]の単結晶シリコン基板を用いたアパーチャプレートの例を示す断面図である。

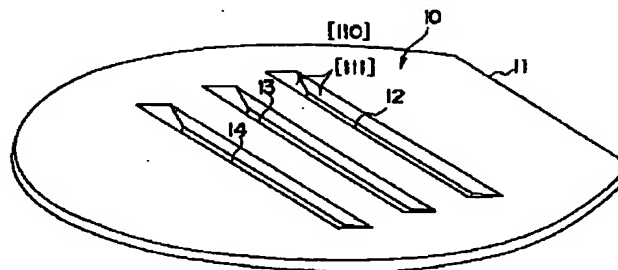
【図7】本発明に係る荷電ビーム成形用アパーチャの製作方法を示す断面図である。

【図8】従来の主面方位[100]単結晶シリコン基板を用いたアパーチャの概略を示す断面図である。

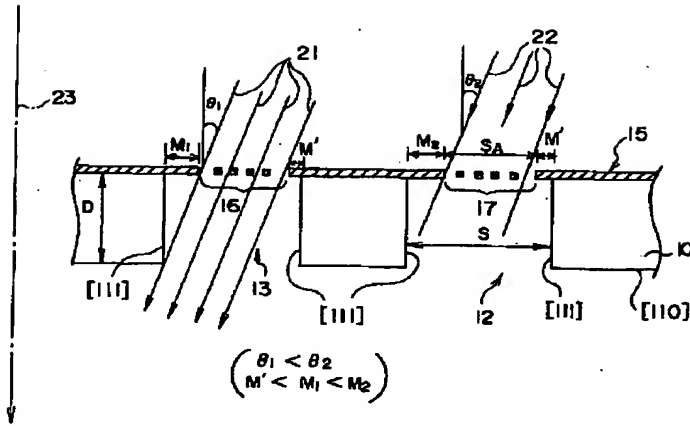
【符号の説明】

- 10 [110] 単結晶シリコン基板
- 12、13、14 開孔部
- 15 薄膜
- 16、17、18 アパーチャ

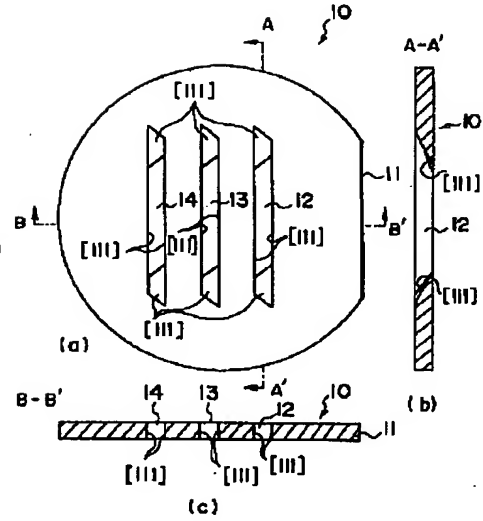
【図3】



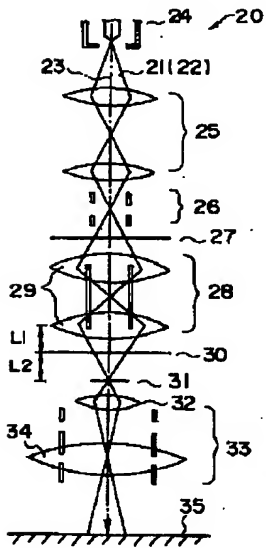
【図1】



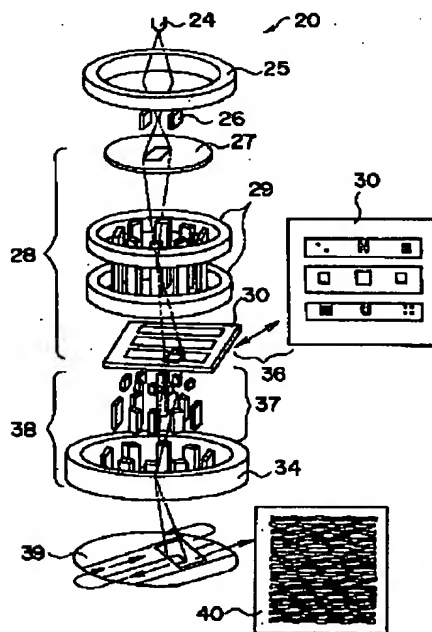
【図2】



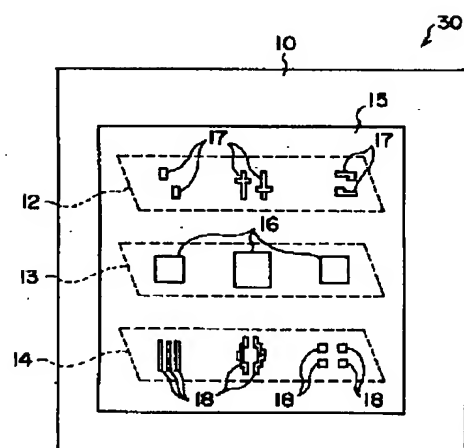
【図4】



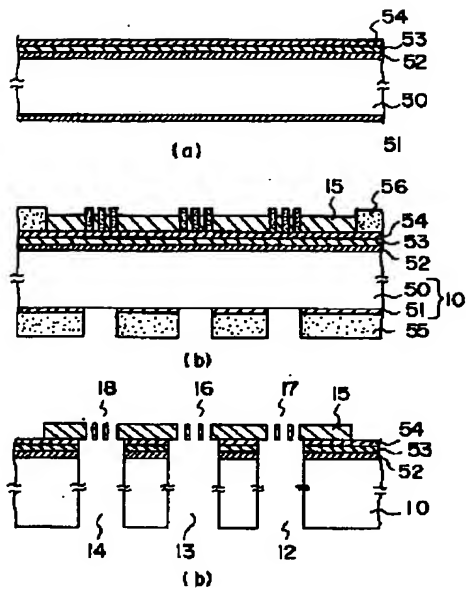
【図5】



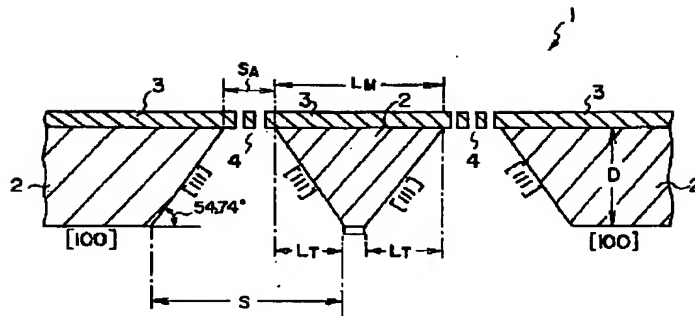
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 杉原和佳  
神奈川県横浜市磯子区新磯子町33 株式会  
社東芝生産技術研究所内